

---

# **1. Analiza posibilităților de integrare și exploatare a evenimentelor detectate, localizate și specificate în baza de date referitoare la evoluția activității orajoase în activitatea de mentenanță**

## **1.1. Arhitectura Sistemului Meteorologic Integrat Național (SIMIN)**

România, în ciuda ariei relative mici, prezintă variații substanțiale ale reliefului și a altor factori care influențează curgerea aerului. Zonele de deal și cele de munte sunt în special supuse riscului de apariție a precipitațiilor intense care produc inundații rapide, și toate zonele prezintă riscuri de apariție a fenomenelor severe, de la furtuni însoțite de căderi de grindină în timpul verii, până la furtuni de zăpadă în timpul iernii. În Noiembrie 2000, Administrația Națională de Meteorologie (ANM) a început planul de modernizare a capacităților de a detecta, monitoriza și prognoza fenomenele meteorologice din România, prin implementarea *Sistemului Meteorologic Integrat Național* (SIMIN). SIMIN a îmbunătățit rețeaua de senzori a ANM cu detectori care furnizează o acoperire națională pentru toate tipurile de observații. SIMIN a adăugat 5 radare WSR-98D bandă-S, 60 de stații automate, 7 stații de recepție a datelor satelitare, 8 senzori de detecție a activității electrice atmosferice. Deasemenea, SIMIN a îmbunătățit capacitățile de procesare și integrare a datelor meteorologice.

SIMIN este un sistem cu o arhitectură distribuită, cu un centru național conectat cu multiple centre regionale. Poate furniza informații pentru toate tipurile de utilizatori, cu o suită de instrumente care depind de necesitățile operaționale ale utilizatorilor. În Figura 1.1 este ilustrată arhitectura SIMIN, fiind prezentate principalele centre de prognoză și localizarea senzorilor. Locațiile SIMIN sunt împărțite în cinci categorii: Centrul de Facilități Operaționale (CFO), Centrele de Prognoză Operațională (CPO), Locațiile Senzorilor și Utilizatorii Asociați (UA). ANM are responsabilitatea de prognoza meteorologică la nivel național. CFO ANM este localizat la sediul central ANM din București. CFO este responsabil pentru prognoza meteorologică la nivel național, coordonarea SIMIN și cooperarea internațională. Există 6 centre regionale de prognoză, care coordonează activitățile meteorologice (colectare de date și prognoză) la nivel regional.

În cadrul programului SIMIN au fost adăugate noi rețele de senzori celor deja existente, pentru a furniza o acoperire pentru întreg teritoriul României. La rețeaua de stații pentru observațiile clasice (88) de suprafață au fost adăugate 60 de stații automate. Atât stațiile automate cât și cele manuale au fost integrate pentru a forma Rețeaua de Observații de Suprafață. SIMIN integrează cinci radare Doppler în bandă-S de tip WSR-98D cu cele patru radare în bandă-C deja existente, rezultând astfel o Rețea Radar Națională compusă din nouă radare Doppler. Radarul Doppler de tip WSR-98D este

---

o versiune nouă a radarului utilizat în rețeaua națională a SUA. Radarele în bandă C deja existente (2 de tip EEC și 2 de tip Gematronik) au fost integrate în rețeaua radar SIMIN. Datele de la radarele în bandă C sunt convertite în formatul 88/98D, pentru a facilita integrarea cu toate aplicațiile din sistem și pentru a furniza o acoperire radar la nivel național. La fiecare trei ore, pe baza informațiilor locale recepționate de către componentele rețelei, se realizează la o hartă radar (mozaic național), pentru care sunt integrate toate datele provenite de la radarele Doppler. La fiecare 10 minute trei tipuri de hărți radar sunt disponibile la nivel național: reflectivitatea radar la prima elevație, ecoul radar minim detectabil în altitudine și reflectivitatea radar compozită. În Figura 1.2 este prezentat un exemplu de produs radar integrat național.

SIMIN utilizează noi stații de recepție a datelor satelitare pentru colectarea în timp real a datelor METEOSAT 7 și MSG. Imaginile de la cei doi sateliți sunt colectate, formate și distribuite către centrele de prognoză.

În SIMIN sunt integrate datele furnizate de rețeaua națională de detecție a descărcărilor electrice atmosferice, compusă din 8 stații de detecție de tip SAFIR3000. Rețeaua furnizează acoperire națională cu acuratețe de 1 km, atât pentru activitatea de tip nor-pământ cât și pentru cea de tip nor-nor. Informațiile furnizate de rețeaua SAFIR sunt distribuite în timp aproape real către utilizator.

SIMIN utilizează o arhitectură distributivă și trei niveluri pentru colectarea datelor, interconectând toate locațiile ANM și locațiile utilizatorilor. Datele prelevate de senzori sunt transmise către un centrul regional de prognoză. Toate datele relevante de la centrele naționale de prognoză sunt colectate de către centrul de facilități operaționale. Pe baza seturilor de date la centrul de facilități operaționale sunt generate noi produse, care apoi sunt distribuite către toate centrele de prognoză. SIMIN furnizează o varietate de produse pentru îmbunătățirea prognozelor ANM pe scurtă și medie durată. Acestea includ aplicații pentru prognoza numerică a vremii, aplicații pentru prelucrarea avansată a datelor radar și aplicații pentru generarea, distribuția și afișarea produse meteorologice integrate.

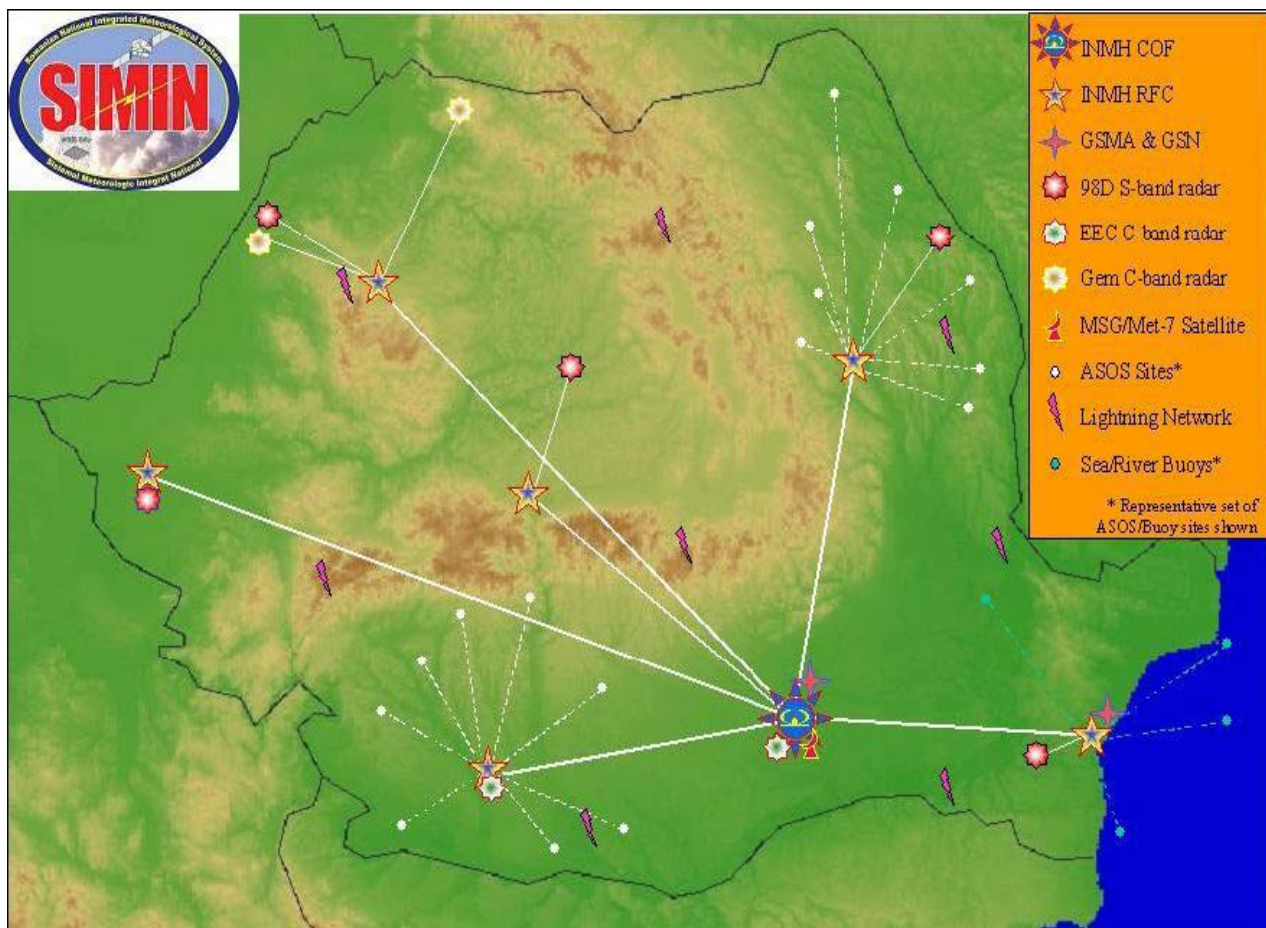


Figura 1-1 Arhitectura Sistemului Meteorologic Integrat Național.

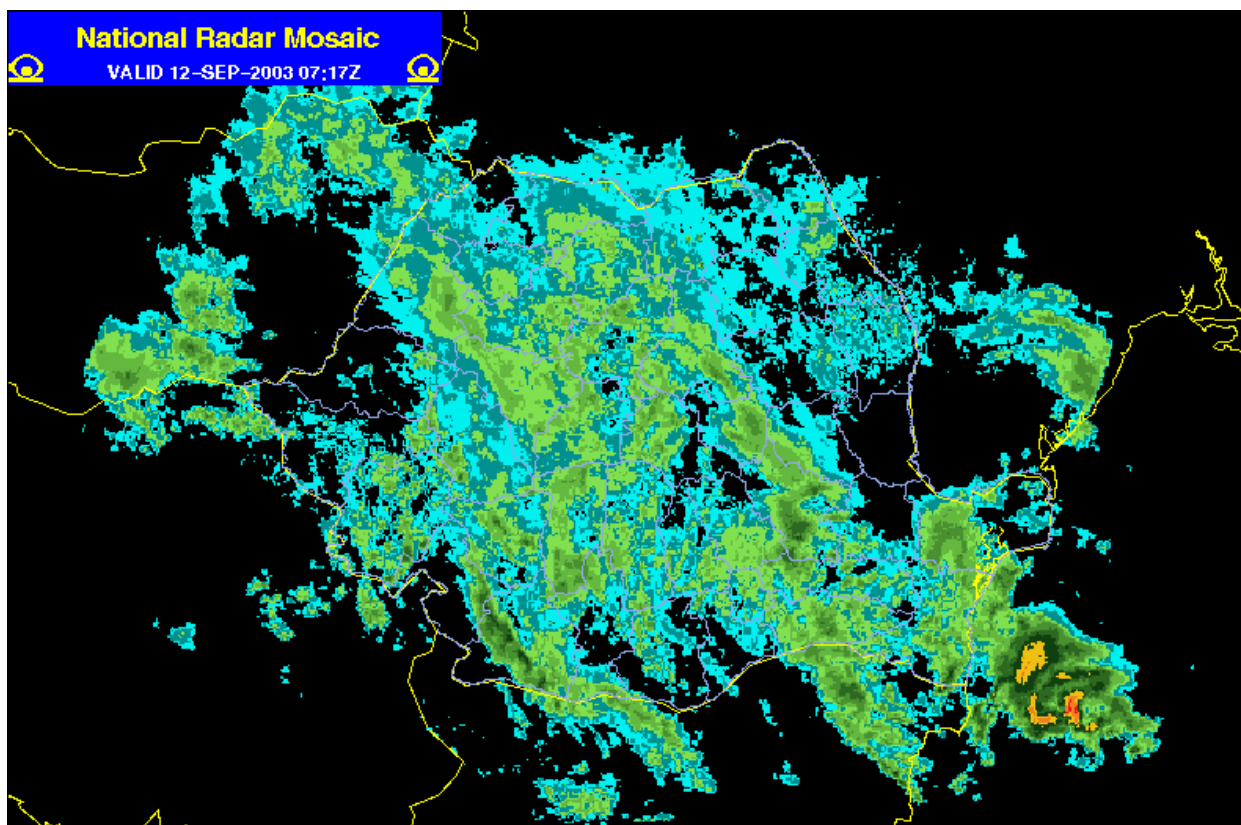


Figura 1-2 Reflectivitatea radar la prima elevație integrată la nivel național, din 07:17 UTC 21 sept. 2003.

## 1.2. Rețeaua națională de detecție și localizare (LDN)

Este formată din 8 stații de detecție în banda VHF (30-300 MHz) produse de firma Vaisala. Stațiile sunt distribuite astfel încât să fie asigurată acoperirea corespunzătoare a întregului teritoriu național în vederea asigurării eficienței detecției la standardele impuse de aplicație. Funcția de detecție a LDN se bazează pe principiul interferometrie, expus pe scurt în cele ce urmează.

### 1.2.1. Principiul interferometriei în banda VHF (30-300 MHz)

Interferometria se bazează pe măsurarea diferenței de fază cu care un tren de unde de câmp electromagnetic este recepționat de antenele individuale ale unei rețele de antene. Diferențele de fază depind de direcția de incidență a trenului de unde și pot fi folosite pentru calcularea coordonatelor unghiulare azimut și elevație ale sursei de emisie. În cazul LDN sursa emisie de câmp electromagnetic este descărcarea atmosferică nor-nor sau nor-pământ (trăsnet), a cărei amprentă electromagnetică conține emisii în banda VHF practic în toate stadiile de evoluție ale fenomenului (a se vedea figura 1.3). Lungimea de undă corespunzătoare acestei benzi este cuprinsă în intervalul 10-1 m. Frecvențele din banda VHF nu sunt reflectate de ionosferă în schimb suferă reflexii în raport cu suprafața solului; trenul de unde reflectat se compune cu alte trenuri de undă incidente conducând la alterarea caracteristicilor emisie inițiale.

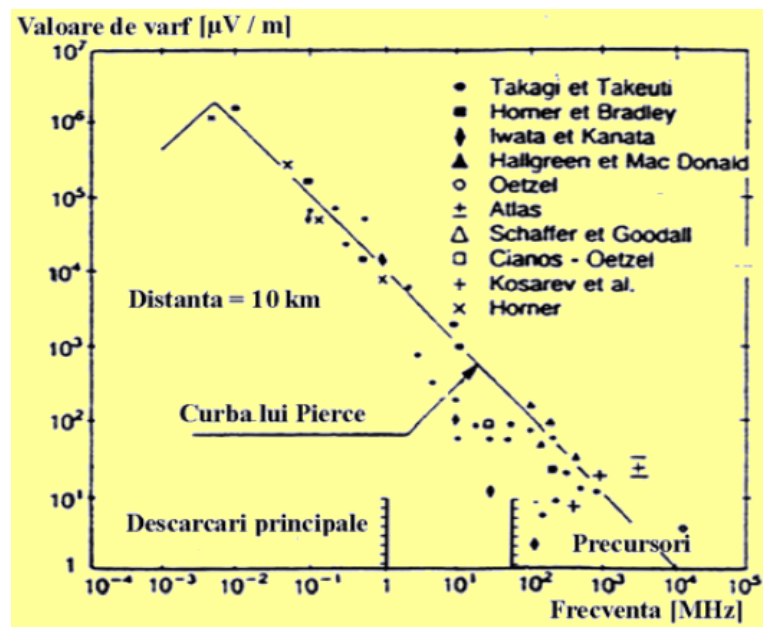


Figura 1-3 Spectrul de frecvență al emisie de câmp electromagnetic pe durata diferitelor stadii de evoluție ale unei descărcări atmosferice

Radiația electromagnetică din banda VHF se propagă în linie dreaptă între sursa de emisie și antena receptoare, orice obstacol care se interpune între cele două puncte determinând "întreruperea legăturii" prin reflectarea trenului de unde.

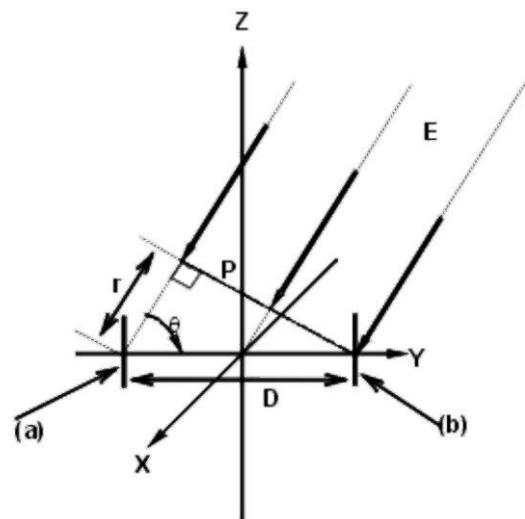
Localizarea în 2D sau 3D a sursei se poate face prin triangulație, folosind coordonate unghiulare provenind de la cel puțin două stații de interferometrie diferite. Principalul avantaj al tehnicii interferometrice rezidă în interdependența mărimii măsurate (diferența de fază), de forma de undă a semnalului de antenă.

Toate tipurile de descărcări atmosferice (intra -, inter - nor, sau nor - pământ) pot fi localizate prin interferometrie în VHF (Very High Frequency), în măsura în care sistemul de detecție al diferenței de fază este proiectat pentru un domeniu dinamic al semnalului de intrare de minim 100 dB.

Deoarece surse de radiație electromagnetică în benzile VHF și UHF sunt asociate nu numai stadiul principal al unei descărcări atmosferice, ci și proceselor elementare de apariție a sarcinii electrice libere în interiorul unei celule orajoase și de separare a acestuia în sarcini spațiale de polaritate pozitivă și negativă, datele privind localizarea și numărul de surse de emisie obținute prin interferometrie, permit identificarea celulelor orajoase încă din stadiul de formare și evaluarea potențialului de risc pe care îl reprezintă.

### 1.2.2. Principiul metodei (pe scurt)

Interferometrul este constituit din două mici antene filare (a) respectiv (b), fiind deci sensibil la componenta electrică a câmpului electromagnetic emis de canalul de trăsnet. Să considerăm cele două antene (a) și (b) amplasate la distanța  $D$ . Fie  $\theta$  unghiul pe care îl face unda incidentă cu direcția (a-b). Când frontul undei  $P$  ajunge la antena (b) acestuia îi mai rămâne de parcurs o distanță  $r = D \cos \theta$  pentru a atinge antena (a). Deci antena (a) va recepționa unda cu o întârziere  $\Delta t = r/c$  unde  $r$  este distanța pe care o mai are de parcurs unda până în (a) iar  $c$  este viteza luminii.



Această întârziere  $\Delta t$  poate fi măsurată și se deduce imediat unghiul  $\theta$

Tensiunile induse în cele două antene, sunt semnale de bandă largă, fie ele:

- $r_k(t)$  tensiune indusă în antena (b)
- $r_l(t)$  tensiune indusă în antena (a)

Dacă lungimea totală a înregistrării este T, transformatele Fourier ale celor două semnale sunt:

$$\begin{aligned} R_k(f) &= \int_0^T r_k(t) e^{-j2\pi ft} dt \\ R_l(f) &= \int_0^T r_l(t) e^{-j2\pi ft} dt. \end{aligned} \quad (2.1)$$

În domeniul frecvență, funcția de corelație dintre cele două semnale este:

$$G_{kl}(f) = R_k^*(f) \cdot R_l(f) \quad (2.2)$$

în care \* este folosit pentru complex conjugat. Funcția de corelație din (2.2) este în general un număr complex care poate fi pus sub formele:

$$G_{kl}(f) = G_{Re}(f) - jG_{Im}(f) = |G_{kl}(f)| e^{-j\phi(f)} \quad (2.3)$$

în care:

$$|G_{kl}(f)| = [G_{Re}(f)^2 + G_{Im}(f)^2]^{1/2} \quad (2.4.a)$$

$$\phi(f) = \arctan \left( \frac{G_{Im}(f)}{G_{Re}(f)} \right) \quad (2.4.b)$$

Termenul  $\phi(f)$  din ecuația (2.4.b) corespunde diferenței de fază dintre cele două semnale  $r_k(t), r_l(t)$  pentru fiecare componentă spectrală

Dacă sursa este la distanță suficient de mare față de senzor (în regiunea de câmp îndepărtat – *far field region*), astfel încât unda incidentă pe sistemul de antene să poată fi considerată undă plană, atunci unghiul de incidență  $\theta(f)$  poate fi pus în legătură cu diferența de fază prin relația:

$$\phi(f) = \frac{2\pi fd \cos \theta(f)}{c} \quad (2.5)$$

sau

$$\theta(f) = \arccos \left( \frac{c\phi(f)}{2\pi fd} \right) \quad (2.6)$$

$c = 300 \times 10^8$  m/s fiind viteza luminii.

S-a demonstrat că spectrul de frecvențe al amplitudinilor pentru un impuls de câmp electromagnetic de trăsnet (IEMT) scade cu creșterea frecvenței, astfel încât componentele spectrale având frecvențe mai înalte nu contribuie semnificativ la forma IEMT.

În majoritatea sistemelor de detecție tensiunile induse în antene sunt măsurate cu un receptor de bandă îngustă acordat pe frecvența de acord  $f_0$ ; semnalele care trebuiesc prelucrate iau forma unor

---

trenuri sinusoidale pe frecvența de acord  $f_0$  a receptorului și se măsoară defazajul dintre cele două tensiuni, deci

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{D \cos \theta}{\lambda}$$

$$\Delta\varphi = 2\pi f_0 \Delta t$$

$\lambda$  -lungimea de undă ( $c/f_0$ ).

### **Sintetizând:**

- **Principiul metodei:** măsurarea fazei radiației electromagnetice.
- **Cerințe:** rezoluția în timp trebuie să fie suficientă pentru ca între două măsurări succesive sursa de emisie să poată fi asimilată unei surse punctuale.
- **Etape ale procesului de detecție:**
  - Măsurarea diferenței de fază pentru semnale VHF provenind de la perechi de antene cuplate corespunzător într-o rețea de antene.
  - Calculul direcției de incidență a undei de câmp electromagnetic constând în determinarea azimutului (pentru localizare în 2D) și a azimutului și elevației (pentru localizare în 3D).
  - Determinarea coordonatelor carteziene (2D sau 3D) prin triangulare, folosind coordonatele unghiulare detectate de cel puțin două stații de observare.
- **Avantaje:**
  - Eficiența localizării nu depinde de forma de variație în timp a semnalului de antenă sau de polarizarea undei de câmp electromagnetic. Pot fi detectate toate tipurile de DA.
  - Rezoluție bună în domeniul timp - 1 la 100  $\mu$ s. Cu această rezoluție se poate obține imaginea evoluției în timp a canalului unei DA.
  - Domeniul dinamic al semnalului de intrare 100 dB. Se pot localiza simultan DA care se produc într-o gamă largă de distanțe în raport cu stațiile de observare.
  - Ansamblul format din rețeaua de antene și sistemul electronic pentru măsurarea diferenței de fază, se numește senzor pentru interferometrie în VHF.
  - Pentru asigurarea preciziei localizării, senzorul trebuie să furnizeze o legătură liniară între diferența de fază și azimutul sursei.

În organigrama din figura 1.4 sunt reluate principalele etape ale detecției.

Figura 1.5 conține o imagine a senzorului utilizat în sistemul românesc.

### ***1.2.3. Performanțele sistemului de interferometrie în VHF***

#### ***1.2.3.1 Precizia localizării***

Tehnicile convenționale, bazate pe înregistrarea variației în timp a componentelor câmpului electromagnetic, utilizează de fapt componentele spectrale de joasă frecvență – LF (tipic sub

---

1 MHz), prezente cu o amplitudine importanta în radiația electromagnetică a descărcărilor atmosferice nor-pământ (trăsnet).

Radiația electromagnetică în banda LF este percepută până la distanțe mari față de sursa de emisie, datorita propagării undei de câmp electromagnetic în vecinătatea suprafeței pământului, aspect care recomanda banda LF pentru utilizarea în sisteme de detecție cu rază mare de acțiune.

În același timp însă, modificarea conductivității solului, condițiile orografice în care se produce propagarea, modificările diurne ale lățimii canalului radio troposferic, limitează precizia de localizare, atât în cazul tehnicii de detecție bazate pe aflarea direcției (forma de unda se modifica și/sau unda se polarizează), cât și în cazul tehnicii de detecție prin metoda “timp de sosire”. În plus dacă detecția se bazează pe componenta magnetică a câmpului, aceasta este foarte sensibilă la prezența în mediu a structurilor metalice (cabluri îngropate, linii electrice aeriene, clădiri).

În consecință, erorile de localizare observate pentru metodele bazate pe banda LF sunt mult mai mari decât cele evaluate teoretic.

În comparație cu metodele LF, metoda VHF folosește componentele din banda 30 - 300 MHz ale spectrului radiației electromagnetice, componente care sunt recepționate pe distanțe de la 0 la 200 km în raport cu sursa de emisie (distanță mică și medie).

Stațiile de observare recepționează trenuri de undă care se propagă în linie dreaptă între sursă și receptor. Acțiunea factorilor menționați anterior (conductivitatea solului, condiții orografice, fluctuații diurne ale ionosferei) asupra propagării undelor din banda VHF, este mult mai puțin importantă.

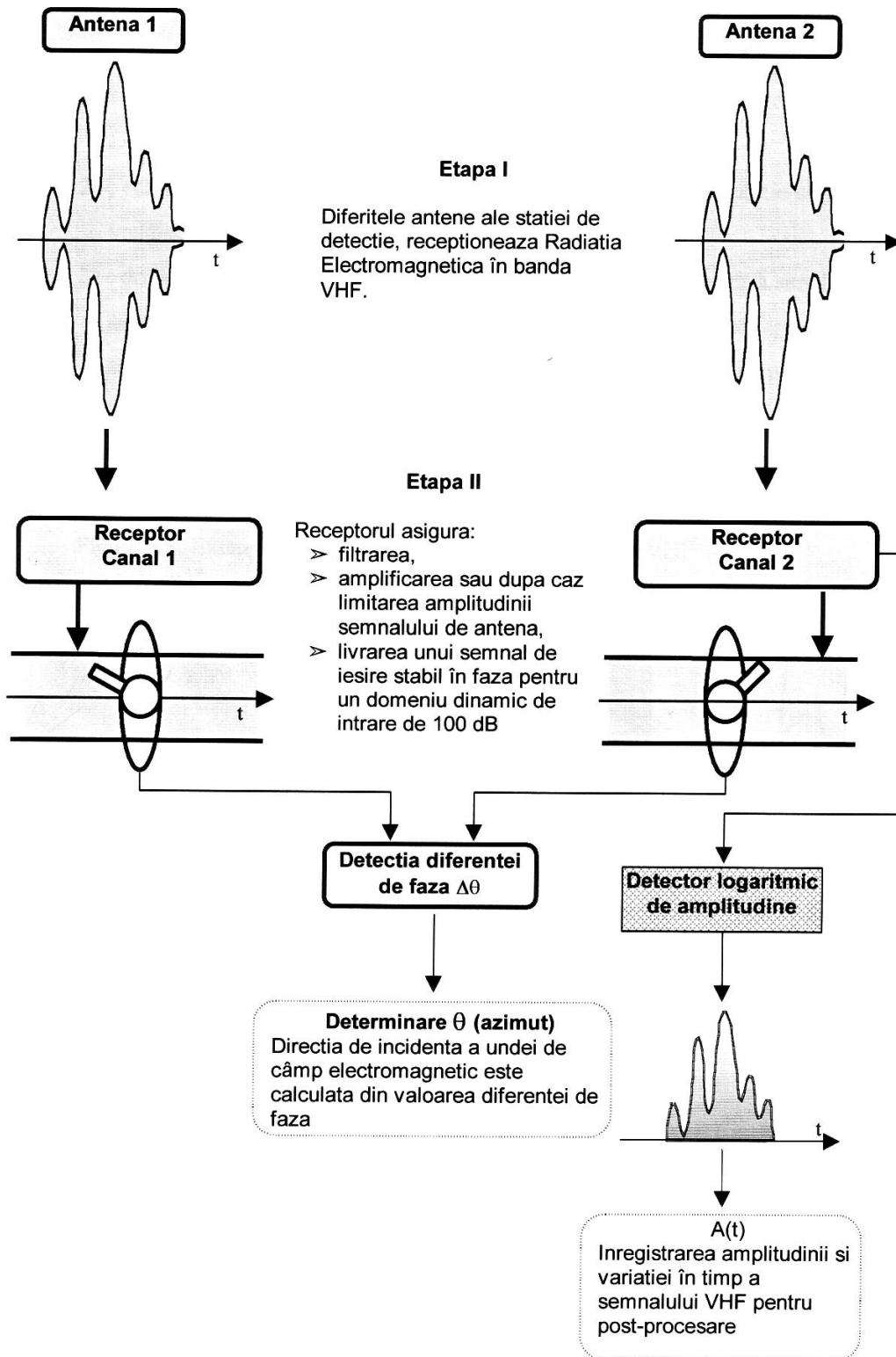
Utilizarea semnalelor VHF (deci semnale cu lungime de undă mică), face ca stațiile de observare să nu necesite condiții deosebite de amplasare.

În continuare sunt prezentate câteva rezultate privind precizia de localizare care poate fi asigurată cu un sistem bazat pe VHF.

### *1.2.3.2 Discriminarea DNP în ansamblul DA*

- Senzorul VHF detectează toate evenimentele de tip descărcare atmosferică (DA) care se produc în zona sa de sensibilitate. Pentru a extrage din totalul evenimentul detectate evenimentele de tip descărcare nor-pământ (trăsnet acronim DNP), senzorul VHF trebuie completat cu un senzor LF/HF de bandă largă. Acesta poate fi o sonda pentru câmp electric și/sau o sondă pentru câmp magnetic.





Determinarea directiei de incidenta – etape principale

Figura 1-4 Principalele etape ale procesului de detectie

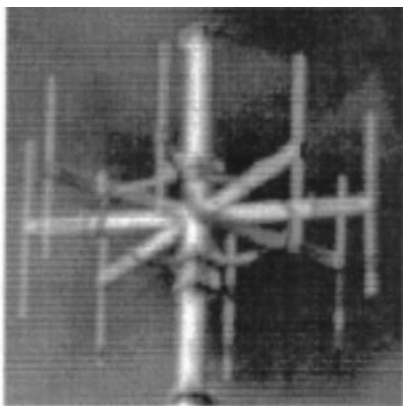


Figura 1-5 Senzor pentru interferometrie în VHF format din patru perechi de antene de tip dipol

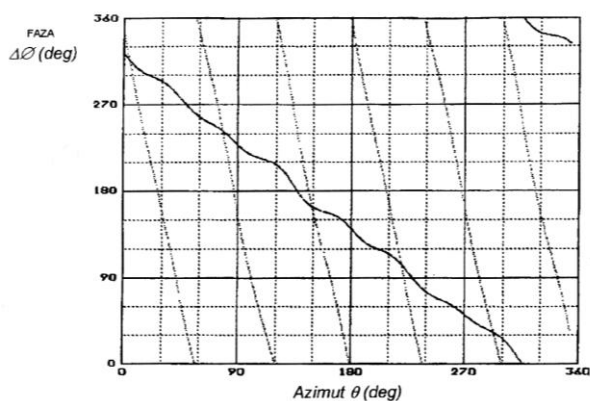


Figura 1-6 Legătura liniară dintre diferența de fază cu care sosește trenul de unde și azimutul sursei

Combinarea tehnicii VHF cu tehnica LF/HF constă în :

- detecția tuturor DA (DA = DNN + DNP) – senzor VHF

identificarea preliminară a unei DNP pe baza detecției VHF a emisiei precursorului, dacă DA detectată este de tip DNP, forma de undă poate fi achiziționată la ieșirea senzorului LF/HF, convertită în semnal digital și stocată pentru post – procesare.

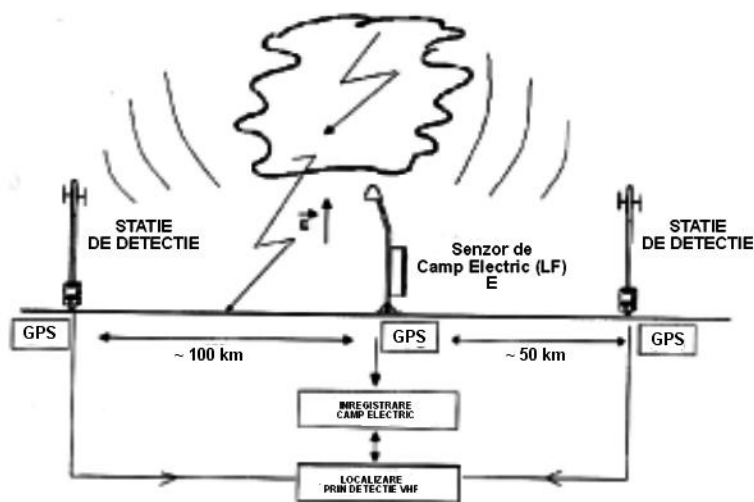


Figura 1-7 Metodă pentru discriminarea descărcărilor nor-pământ în ansamblul descărcărilor produse pe durata unei furtuni

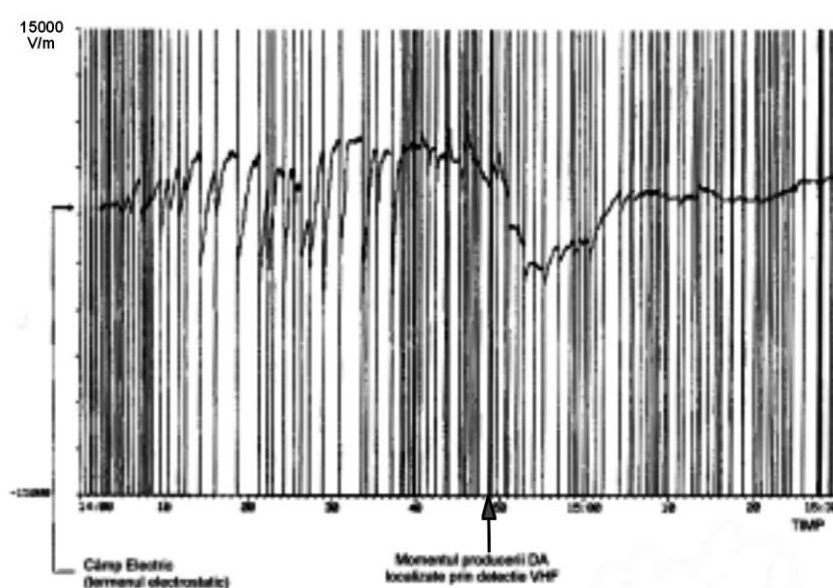


Figura 1-8 Suprapunerea în timp a înregistrării câmpului electric în banda LF cu evenimentele identificate de senzorii VHF

### 1.3. Metode de determinare a punctului de impact

Majoritatea metodelor folosite pentru determinarea poziției loviturilor de trăsnet (descărcări atmosferice nor-pământ – DNP), se bazează pe metodele de aflare a direcției, a timpului de sosire, sau o combinație a acestor metode. Primele lucrări despre localizare prin metoda timpului de sosire au fost scrise de Lewis (1960) și Oetzel (1969) în SUA.

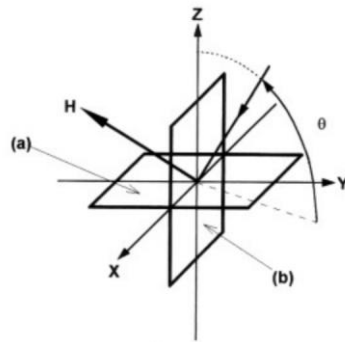
Implementarea metodelor hiperbolice de localizare a trăsnetului datează de la începutul anilor 1950. Aceasta metodologie a fost utilizată în sisteme disponibile comercial fabricate de Atmospheric Research System Inc. Sisteme de detecție și localizare bazate pe aflarea direcției, sunt fabricate de Lighting Location and Protection Inc. (LLP).

Principiile de bază pentru aceste două metode sunt discutate în paragrafele următoare, împreună cu metodele care le combină.

Altă metoda comercială pentru detecția trăsnetului și localizarea acestuia implică tehnici interferometrice. În această categorie se poate face referire la sistemul SAFIR, fabricat în Franța și la sistemul din țara noastră.

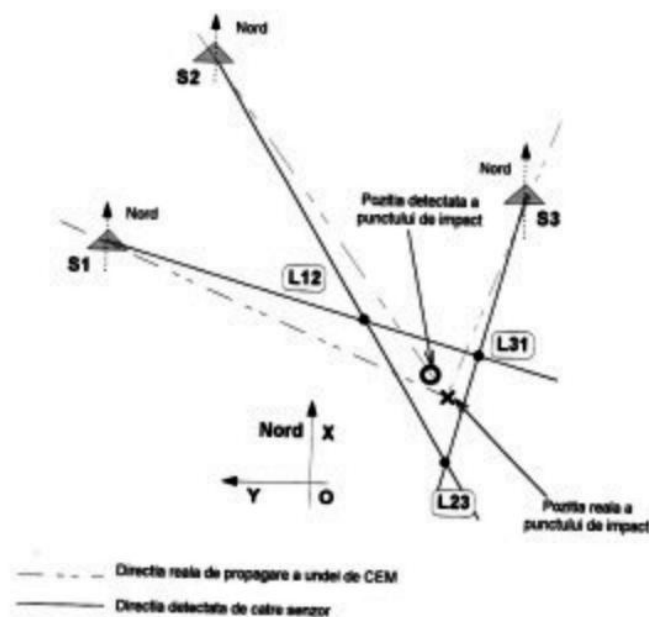
#### 1.3.1.1 Detecție prin aflarea direcției

Sistemele de detecție implică doi sau mai mulți senzori care măsoară azimutul (unghiul față de direcția nord) dintre senzor și direcția care unește punctul de impact al trăsnetului cu punctul de observare. De exemplu, azimutul poate fi determinat cu ajutorul a două antene cadru, sensibile la componenta magnetică a CEM, situate în plane perpendiculare.



Pentru LDN unghiul de incidență al unei plane de c.e.m. este determinat după cum s-a arătat în paragraful anterior. Acest unghi este azimutul sub care se vede sursa de câmp într-un sistem de coordonate sferic având centrul în axa de simetrie a sensorului și axa de referință pentru măsurarea azimutului, direcția spre nordul geografic.

Când trei sau mai mulți senzori sesizează un eveniment, este activată o procedură de aproximare, care minimizează “eroarea de unghi” cu care senzorii au detectat descărcarea. Aceasta procedura este ilustrată în figura 1.10



Cele trei puncte (L12, L13, L23) rezultate din intersecția dreptelor asociate direcțiilor detectate de senzori, reprezintă pozițiile care ar rezulta pentru punctul de impact dacă evenimentul ar fi detectat numai de doi senzori. Dacă evenimentul este înregistrat simultan de trei senzori, poziția detectată a punctului de impact este atribuită centrului de greutate al triunghiului rezultat din intersecția dreptelor asociate celor trei direcții detectate. Aceasta metodă este numită triangularizare. În funcție

---

de dimensiunile triunghiului care a stat la baza stabilirii poziției punctului de impact se poate calcula și o măsură a preciziei localizării, sub forma razei cercului circumscris triunghiului.

Exista câteva situații în care coordonatele punctului de impact determinat pe baza direcțiilor detectate de senzori și coordonatele reale, diferă destul de mult.

Asemenea situații apar dacă descărcarea este localizată în lungul dreptei care unește doi senzori și acești doi senzori sunt singurii care sesizează descărcarea. În aceste cazuri, deși eroarea cu care este determinat azimutul este mică la nivelul fiecărui senzor, eroarea totală de localizare este semnificativă, deoarece este posibil dreptele de localizare să nu se intersecteze.

### *1.3.1.2 Detecție prin metoda “timpului de sosire” TOA*

Sistemele de detecție care aplică metoda “timpului de sosire” pentru localizarea evenimentului, utilizează trei sau mai mulți senzori care măsoară timpul de sosire al descărcării. Se convine ca timpul de sosire să fie asociat momentului de timp în care se înregistrează prima valoare maximă a componentei magnetice a CEM de radiație. Acest prim eveniment, poate fi urmat de evenimente similare care se succed în intervale foarte scurte de timp, corespunzător descărcărilor principale subsecvente, prezente în DNP multiple (trebuie reținut că valoarea medie a ordinului de multiplicitate al descărcărilor principale într-o DNP este între 3 și 4 secvențe / DNP). Precizia cu care este determinat timpul absolut de sosire, este un parametru esențial, în raport cu care se evaluează precizia sistemului de localizare.

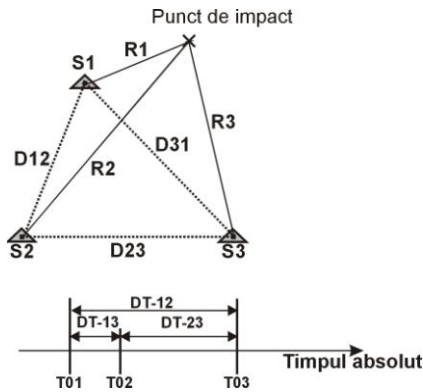
Primele sisteme de monitorizare implantate, sincronizau evenimentele înregistrate în raport cu indicația unui ceas electronic, instalat în același loc cu senzorul. Precizia de determinare a timpului absolut de producere a evenimentului (raportat la GMT – Greenwich Mean Time), era de 0.1 ms.

Rețelele noi folosesc, în fiecare punct de observare un receptor racordat la un sistem global de poziționare (GPS), sistem care are avantajul de a sincroniza măsurarea timpului în întreaga rețea de puncte de observare, reducând incertitudinea de observare a timpului absolut la cca. 300ns. Același GPS este folosit și pentru stabilirea precisă a poziției punctelor de observare (exprimate în latitudine și longitudine a stației de detecție).

Timpul observat de apariție a evenimentului, denumit în continuare “timp-de-sosire”, poate fi exploatat în moduri diferite.

### *1.3.1.3 Metoda intersecției hiperbolelor.*

Se bazează pe măsurarea diferențelor de timp cu care a fost înregistrat același eveniment de cel puțin trei senzori diferiți. Mărimile care intervin în metoda intersecției hiperbolelor, sunt prezentate în figura 1.11



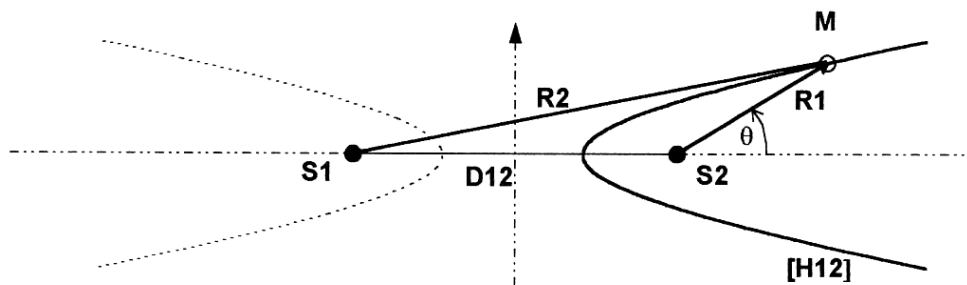
Pentru localizare se folosește proprietatea hiperbolei de a fi locul geometric al punctelor pentru care diferența distanțelor față de două puncte fixe, denumite focare este constantă. Punctul de impact al DNP, se situează în raport cu fiecare pereche distinctă de senzori, pe o hiperbola care satisface ecuația:

$$\{H12\} \text{ dublul distantei focale} = D12 \text{ ecuație: } R1 - R2 = c \cdot DT12$$

$$\{H23\} \text{ dublul distantei focale} = D23 \text{ ecuație: } R2 - R3 = c \cdot DT23$$

$$\{H31\} \text{ dublul distantei focale} = D31 \text{ ecuație: } R3 - R1 = c \cdot DT31$$

$c$  – viteza luminii (viteza cu care se propaga în spațiu liber CEM radiat de descărcare).



Pentru o anumita valoare a diferenței dintre timpii de sosire,  $DT_{-ij}$  există o singură hiperbolă care satisface ecuația:

$$R_i - R_j = c \times DT_{-ij}$$

sau

$$R_i - \sqrt{R_i^2 + D_{ij}^2 + 2D_{ij}R_i \cdot \cos \theta} = cDT_{ij}$$

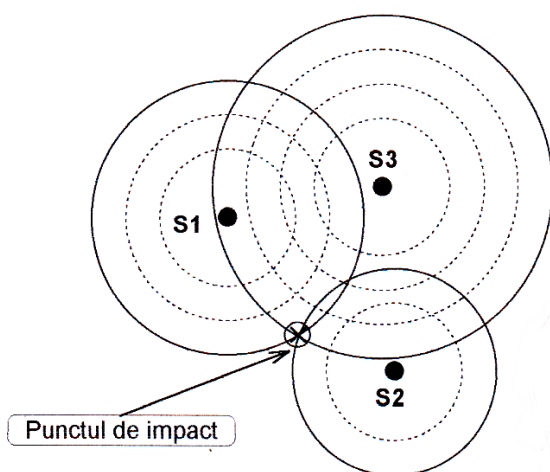
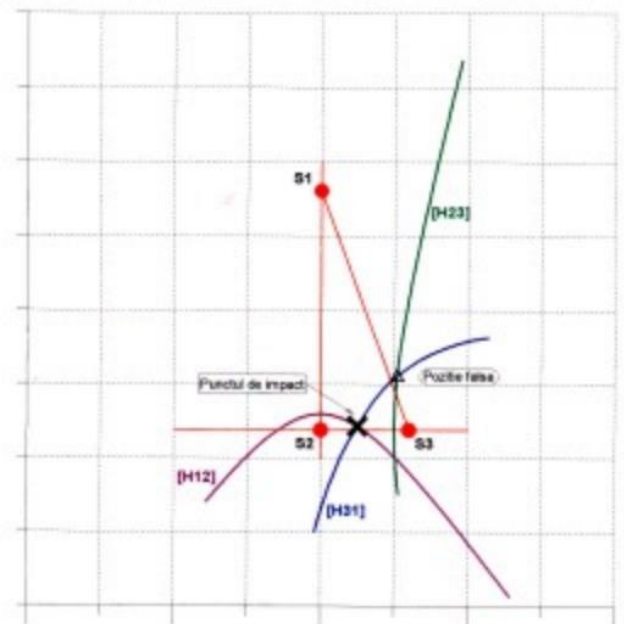
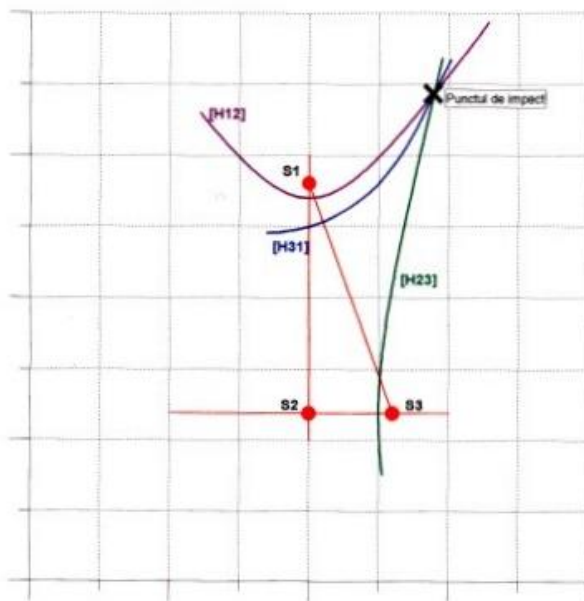
Relația este ilustrată în figura 1.12 pentru  $i = 1$  și  $j = 2$ .

Poziția punctului de impact al DNP (coordonatele  $R_i$  și  $\theta$  de exemplu), poate fi determinată prin intersecția a cel puțin două dintre cele trei hiperbole, după cum se vede în figura 1.13

Pentru anumite combinații ale parametrilor, curbele rezultate de la cei trei senzori se pot intersecta de doua ori ceea ce duce la o localizare ambiguă, după cum se observa în figura 1.14  
 Aceasta problema este evitata daca patru senzori detectează descărcarea.

#### 1.3.1.4 Metoda intersecțiilor de cercuri.

Metoda folosește valoarea absolută a timpului de sosire a trenului de unde asociat descărcării la fiecare senzor. Pornind de la aceasta valoare, se construiește cu centrul în senzorul (k), un fascicul de cercuri ale căror raze pot fi calculate cu relațiile:



$$R_k = c(T_{0k} - \tau_{0k})$$

$$k = 1,2,3$$

Parametrul fascicului de cercuri, este timpul de propagare al CEM radiat de la punctul de impact (sursa de câmp), la senzor.

---

Pentru un grup de trei senzori, se poate stabili următorul sistem de ecuații simultane:

$$(x - X_1)^2 + (y - Y_1)^2 = c^2 (T_{01} - \tau_{01})^2$$

$$(x - X_2)^2 + (y - Y_2)^2 = c^2 (T_{02} - \tau_{02})^2$$

$$(x - X_3)^2 + (y - Y_3)^2 = c^2 (T_{03} - \tau_{03})^2$$

în care:

- $\{X_k, Y_k\} k=1,2,3$  - coordonatele corespunzătoare poziției senzorilor (într-un sistem unic de referință),
- $\{T_{0k}\} k=1,2,3$  - valorile absolute ale timpului de sosire
- $\{\tau_{0k}\} k=1,2,3$  - valorile (prezuate) ale timpilor de propagare
- $\{x, y\}$  - coordonatele punctului de impact.

Localizarea (determinarea coordonatelor  $x$  și  $y$  ale punctului de impact), se face prin căutarea acelor valori  $\{\tau_{0k}\} k=1,2,3$  pentru care sistemul admite o soluție unică, ceea ce revine la selecționarea câte unui cerc din fiecare fascicol astfel încât cele trei cercuri selecționate să se intersecteze.

Dacă evenimentul este înregistrat numai de trei senzori, ambele metode (intersecții de hiperbole sau cercuri), dau o soluție unică. Când mai mult de trei senzori sesizează descărcarea, metoda intersecțiilor de cercuri poate da o soluție optimizată cu ajutorul unui algoritm interactiv similar cu cel discutat în cadrul metodei de aflare a direcției.

În plus, metoda intersecțiilor de cercuri poate fi optimizată prin includerea detecției de direcție, după cum vom vedea în paragraful următor.

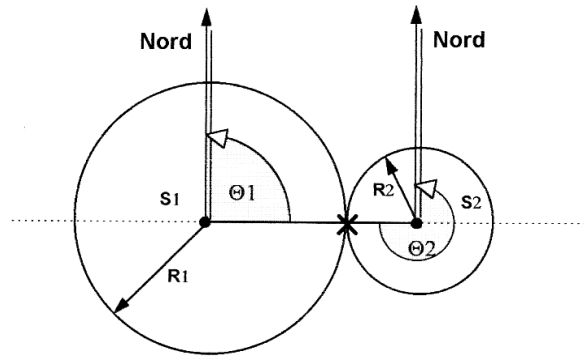
### **1.3.1.5 IMPACT (Improved Performance from Combined Technology)**

A fost dezvoltată o metodă care combină cele două tipuri studiate până în prezent, rezultând o nouă metodă de localizare denumită IMPACT. În cadrul acestei noi abordări, aflarea direcției furnizează azimutul iar timpul absolut de sosire furnizează informații despre raza (limitele) de localizare.

Aceste date sunt implicate simultan în generalizarea metodei intersecțiilor de cercuri pentru a obține estimări optime ale poziției punctului de impact al descărcării nor-pământ (utilizând toate datele disponibile).

Noua metodă de localizare, elimină în mare parte deficiențele fiecăreia dintre metodele prezentate, deficiențe care au fost subliniate în paragrafele anterioare. Ca exemplu, o descărcare care apare pe linia care unește doi senzori va fi localizată cu precizie cu ajutorul intersecției vectorilor azimutali și a cercurilor cu razele calculate între anumite limite (figura 1.15)





În figura 1.16, informația despre azimutul pentru senzorul S1 este  $\theta_1$  și valoarea razei bazate pe metoda timpului absolut de sosire este  $R_1$ . Aceleași notații sunt folosite pentru senzorul 2. Este important a se observa că în acest exemplu sunt patru parametri măsurați: două unghiuri și doi timpi de sosire. Aceste măsurători au ca rezultat estimarea a trei parametri: latitudinea, longitudinea și timpul producerii descărcării. Astfel, metoda IMPACT dispune de informații redundante care permit o estimare optimă chiar în situația în care o descărcare este detectată doar de doi senzori.

Observarea în exploatare a rezultatelor implementării metodei combinate, au arătat ca această metodă depășește în performanțe fiecare metodă luată separat în ceea ce privește acuratețea localizării și eficiența detecției. De asemenea această metodă are o probabilitate mică de a da rezultate eronate.

#### 1.4. Dezvoltări necesare

Data fiind forma de undă a curentului din canalul descărcării în stadiul de descărcare principală, se poate stabili o legătură directă între parametrii impulsului de curent (amplitudine, panta, durata la semiamplitudine, etc) și parametrii corespunzători ai undelor de câmp electromagnetic: această legătură stă la baza evaluării parametrilor sursei de câmp (curentul de trăsnet), folosind formele de unda ale câmpului electromagnetic, observate la diferite distanțe de sursa.

Pentru forme ale curentului formate prin suprapunerea mai multor componente de impuls, legătura aceasta nu mai este atât de evidentă. Urmează ca dependențele posibile să fie identificate folosind forme de undă ale curentului rezultate din suprapunerea a doua sau mai multe impulsuri cu parametri diferiți.